

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-084059

(43)Date of publication of application : 18.03.2004

(51)Int.Cl.

C25D 1/10

C25D 3/66

H01L 21/288

(21)Application number : 2003-059999

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 06.03.2003

(72)Inventor : NITTA KOJI
INASAWA SHINJI
HAGA TAKESHI
ITO YASUHIKO
NOHIRA TOSHIYUKI
NISHIGORI TOKUJIRO

(30)Priority

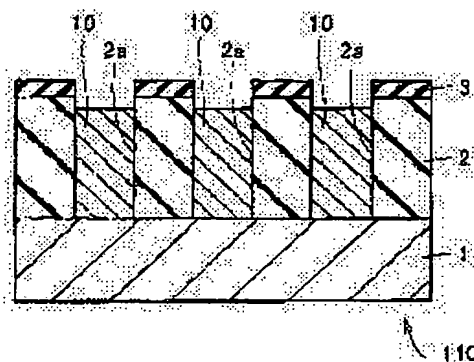
Priority number : 2002195833 Priority date : 04.07.2002 Priority country : JP

(54) DIE FOR PLATING WITH FINE PATTERN, FINE METAL STRUCTURE, DIE FOR FINE WORKING, METHOD FOR PRODUCING DIE FOR PLATING WITH FINE PATTERN, AND METHOD FOR PRODUCING FINE METAL STRUCTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a fine metal structure made of a material having a high melting point and high mechanical strength, to provide a die for plating with fine patterns with which the fine metal structure can be produced, to provide a method for producing the same, to provide a die for fine working consisting of the fine metal structure, and to provide a method for producing the same.

SOLUTION: The die 110 for plating has fine patterns with dimensions of a μm order or less, and is made of a material having a heat resistance of $\geq 250^{\circ}\text{C}$. Molten salt electroforming is performed using the die 110 for plating, so that the fine metal structure having satisfactory mechanical strength is produced.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-84059

(P2004-84059A)

(43) 公開日 平成16年3月18日(2004.3.18)

(51) Int. Cl.⁷

C25D 1/10

C25D 3/66

H01L 21/288

F I

C25D 1/10 311

C25D 3/66

H01L 21/288 E

テーマコード(参考)

4M104

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2003-59999 (P2003-59999)
 (22) 出願日 平成15年3月6日(2003.3.6)
 (31) 優先権主張番号 特願2002-195833 (P2002-195833)
 (32) 優先日 平成14年7月4日(2002.7.4)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000002130
 住友電気工業株式会社
 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
 (74) 代理人 100064746
 弁理士 深見 久郎
 (74) 代理人 100085132
 弁理士 森田 俊雄
 (74) 代理人 100083703
 弁理士 仲村 義平
 (74) 代理人 100096781
 弁理士 堀井 豊
 (74) 代理人 100098316
 弁理士 野田 久登
 (74) 代理人 100109162
 弁理士 酒井 将行

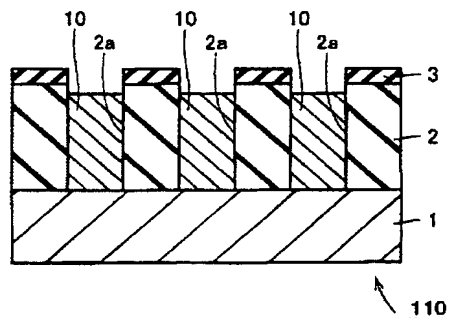
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微細パターンを有するメッキ用型、微細金属構造体、微細加工用型、微細パターンを有するメッキ用型の製造方法、および微細金属構造体の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる微細金属構造体を提供し、その微細金属構造体を製造することが可能な、微細パターンを有するメッキ用型およびその製造方法を提供し、その微細金属構造体よりなる微細加工用型およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 本発明の微細パターンを有するメッキ用型110は、 μm オーダー以下の寸法の微細パターンを有し、かつ250℃以上の耐熱を有する材質よりなっている。このメッキ用型110を用いて熔融塩電鍍を行うことにより、機械強度の良好な微細金属構造体が製造される。



【選択図】 図6

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

μmオーダー以下の寸法の微細パターンを有し、かつ250℃以上の耐熱を有する材質よりなる、微細パターンを有するメッキ用型。

【請求項 2】

350℃以上の耐熱を有する材質よりなることを特徴とする、請求項 1 に記載の微細パターンを有するメッキ用型。

【請求項 3】

250℃以上の耐熱を有する前記材質は、シリコン、アルミナ、ジルコニア、ニッケル、フリットガラス、ステンレス鋼、ニッケル、鉄および銅よりなる群から選ばれる1種以上を含むことを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の微細パターンを有するメッキ用型。 10

【請求項 4】

μmオーダー以下の寸法の微細パターンを有し、かつ少なくとも一部表面の硬さがビッカース硬さHV500以上である、微細金属構造体。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の微細金属構造体が加工用の型として形成されたものであり、加工面の硬さがビッカース硬さHV500以上であることを特徴とする、微細加工用型。

【請求項 6】

μmオーダー以下の寸法の微細パターンを有するメッキ用型の製造方法であって、共に250℃以上の耐熱を有する材質よりなるパターン層と導電性基板とを積層した積層体を形成する工程と、前記パターン層をパターニングすることにより、前記パターン層に、前記パターン層と前記導電性基板との接触面に達する微細な開口部を形成する工程とを備えた、微細パターンを有するメッキ用型の製造方法。 20

【請求項 7】

前記導電性基板は、前記パターン層上に直接接合されることにより形成されることを特徴とする、請求項 6 に記載の微細パターンを有するメッキ用型の製造方法。

【請求項 8】

前記導電性基板は、前記パターン層上に拡散接合により接合されることにより形成されることを特徴とする、請求項 6 に記載の微細パターンを有するメッキ用型の製造方法。 30

【請求項 9】

前記導電性基板は、前記パターン層上に形成された導電膜を通電層として電鍍により形成されることを特徴とする、請求項 6 に記載の微細パターンを有するメッキ用型の製造方法。

【請求項 10】

μmオーダー以下の寸法の微細パターンを有するメッキ用型の製造方法であって、250℃以上の耐熱を有する材質よりなる導電性基板と、微細パターンを有する層との積層体を形成する工程と、250℃以上の耐熱を有する材質よりなる素材を加熱した状態で、前記素材の表面に前記積層体の前記微細パターンを押し当てることにより、前記素材の表面を前記微細パターンに嵌るように変形させる工程と、前記微細パターンを有する層の表面が露出するまで前記素材を除去することにより、前記微細パターン内にのみ前記素材を残存させてパターン層とする工程と、前記微細パターンを有する層を除去する工程とを備えた、微細パターンを有するメッキ用型の製造方法。 40

【請求項 11】

μmオーダー以下の寸法の微細パターンを有するメッキ用型の製造方法であって、微細パターンを有する型を形成する工程と、250℃以上の耐熱を有する材質よりなる素材を加熱した状態で、前記素材の表面に前記型の前記微細パターンを押し当てることにより、前記素材の表面を前記微細パターンに嵌 50

るように変形させる工程と、
前記素材から前記型を除去する工程と、
前記素材の表面を導電化させる工程とを備えた、微細パターンを有するメッキ用型の製造方法。

【請求項 12】

請求項 6～11 のいずれかの方法により形成されたメッキ用型を用いて溶融塩電鍍を行うことにより、前記メッキ用型の前記微細パターンに嵌り合うようなパターンを有する微細金属構造体を形成する工程と、
前記微細金属構造体から前記メッキ用型を除去する工程とを備えた、微細金属構造体の製造方法。

10

【請求項 13】

前記微細金属構造体の表面を窒化させる工程をさらに備えたことを特徴とする、請求項 12 に記載の微細金属構造体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、微細パターンを有するメッキ用型、微細金属構造体、微細加工用型、微細パターンを有するメッキ用型の製造方法、および微細金属構造体の製造方法に関するものである。

【0002】

20

【従来の技術】

精度のよい微細金属構造体を大量に製造する場合、LIGA (Lithographie Galvanoformung Abformung) プロセスは有用である。X線の中でも指向性の高いシンクロトロン放射 (SR) 光を用いる LIGA プロセスは、ディープナリソグラフィが実施可能であり、数 100 μm の高さの構造体をミクロン領域の精度で加工することが可能であり、高いアスペクト比を有する微細金属構造体を容易に製造することができるなどの特徴を有するため、広範な分野での応用が期待されている。

【0003】

LIGA プロセスは、リソグラフィ、電鍍などのメッキおよびモールドを組合わせた加工技術である。LIGA プロセスによれば、たとえば導電性基板上にレジスト膜が形成され、このレジスト膜に所定形状のパターンを有する吸収体マスク (レチクル) を介して SR 光が照射される。このようなリソグラフィにより吸収体マスクの形状パターンに応じたレジスト構造体 (樹脂型) が形成される。このレジスト構造体の空孔部内に電鍍によってニッケル (Ni) のような金属を堆積させることにより、微細金属構造体を得られる。

30

【0004】

また、電鍍をさらに進めて得られた高精度の微細金属構造体を金型として用い、射出成形などのモールドにより樹脂製の微細成形品を得ることもできる。

【0005】

なお、上記のような LIGA プロセスについては、たとえば表面技術 Vol. 52, No. 11, 2001, p. 734-735 に記載されている。

40

【0006】

【非特許文献】

表面技術 Vol. 52, No. 11, 2001、表面技術協会発行、p. 734-735

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

タングステン (W) やチタン (Ti) は、融点が高く、機械強度 (ヤング率、硬度) も高いため、機械構造体に適した材質である。このタングステンあるいはチタンからなる機械構造体を上記の LIGA プロセスを用いて製造する場合、水 (水溶液) を使わない溶融塩電鍍を用いる必要がある。しかしながら、上記の LIGA プロセスにおいて、タングステ

50

ンやチタンよりなる機械構造体を、水（水溶液）を使わない溶融塩電鍍により製造することはできなかった。理由は以下のとおりである。

【0008】

上記のLIGAプロセスでは、レジストとしてポリメタクリル酸エチル（PMMA：polymethylmethacrylate）などのプラスチックが用いられている。しかし、溶融塩電鍍では200℃以上という高温になる場合があり、このような温度ではPMMAよりなるレジストは軟化・変形を起こす。また、PMMAよりなるレジストは、溶融塩と化学反応を起こして変質し、パターン崩れを起こす場合もある。このため、LIGAプロセスでは、タングステンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる機械構造体を、水（水溶液）を使わない溶融塩電鍍により製造することはできなかった。

10

【0009】

また、上記のLIGAプロセスにおいて電鍍をさらに進めて得られたニッケルなどよりなる微細金属構造体では良好な機械強度が得られない。このため、その微細金属構造体を金型として用いても、寸法精度の高い高精度な微細成形品を得ることはできなかった。

【0010】

それゆえ、本発明の一の目的は、融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる機械構造体を製造することが可能な、微細パターンを有するメッキ用型およびその製造方法を提供することである。

【0011】

また、本発明の他の目的は、機械強度の高い微細金属構造体、微細加工用型およびその製造方法を提供することである。

20

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明の微細パターンを有するメッキ用型は、 μm オーダ以下の寸法の微細パターンを有し、かつ250℃以上の耐熱を有する材質よりなっている。

【0013】

本発明の微細パターンを有するメッキ用型は250℃以上の耐熱を有する材質よりなっているため、高温となる溶融塩電鍍においても軟化・変形を起こすことは防止される。このため、タングステンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる機械構造体を、水（水溶液）を使わない溶融塩電鍍により製造することができる。

30

【0014】

上記の微細パターンを有するメッキ用型において好ましくは、メッキ用型が350℃以上の耐熱を有する材質よりなっている。

【0015】

これにより、さらに高温の溶融塩電鍍においてもメッキ用型が軟化・変形を起こすことは防止される。

【0016】

上記の微細パターンを有するメッキ用型において好ましくは、250℃以上の耐熱を有する材質は、シリコン、アルミナ、ジルコニア、ニッケル、フリットガラス、ステンレス鋼、ニッケル、鉄および銅よりなる群から選ばれる1種以上を含んでいる。

40

【0017】

これによりメッキ用型の材質を適宜選ぶことができる。

本発明の微細金属構造体は、 μm オーダ以下の寸法の微細パターンを有し、かつ少なくとも一部表面の硬さがビッカース硬さHV500以上である。

【0018】

本発明の微細金属構造体によれば、微細金属構造体の少なくとも表面の硬さがビッカース硬さHV500以上であるため、この微細金属構造体を高い硬度の要求される用途に使用することができる。

【0019】

本発明の微細加工用型は、上記の微細金属構造体が加工用の型として形成されたものであ

50

り、加工面の硬さがビッカース硬さHV500以上である。

【0020】

本発明の微細加工用型によれば、微細加工用型の加工面の硬さがビッカース硬さHV500以上であるため、加工時にこの微細加工用型の加工面が変形することを抑制することができ、寸法精度の高いパターンを形成することが可能となる。

【0021】

本発明の微細パターンを有するメッキ用型の一の製造方法は、 μm オーダー以下の寸法の微細パターンを有するメッキ用型の製造方法であって、共に250℃以上の耐熱を有する材質よりなるパターン層と導電性基板とを積層した積層体を形成する工程と、パターン層をパターニングすることにより、パターン層に、パターン層と導電性基板との接触面に達する微細な開口部を形成する工程とを備えたものである。

【0022】

本発明の微細パターンを有するメッキ用型の一の製造方法によれば、パターン層と導電性基板とが共に250℃以上の耐熱を有する材質よりなっているため、これにより製造されるメッキ用型を溶融塩電鍍に用いることができる。よって、このメッキ用型を用いて、タングステンやチタンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる微細金属構造体を製造することが可能となる。

【0023】

また、開口部がパターン層と導電性基板との接触面に達するように形成されるため、開口部形成時の終点の検出が容易となる。

【0024】

上記の微細パターンを有するメッキ用型の一の製造方法において好ましくは、導電性基板は、パターン層上に直接接合されることにより形成される。

【0025】

これにより、パターン層と導電性基板とを互いに加圧するという簡単な方法で接合することが可能となる。

【0026】

上記の微細パターンを有するメッキ用型の一の製造方法において好ましくは、導電性基板は、パターン層上に拡散接合により接合されることにより形成される。

【0027】

これにより、パターン層と導電性基板とを拡散接合により強固に接合することが可能となる。

【0028】

上記の微細パターンを有するメッキ用型の一の製造方法において好ましくは、導電性基板は、パターン層上に形成された導電膜を通電層として電鍍により形成される。

【0029】

これにより、電鍍という簡易な方法で導電性基板を形成することができる。

本発明の微細パターンを有するメッキ用型の他の製造方法は、 μm オーダー以下の寸法の微細パターンを有するメッキ用型の製造方法であって、250℃以上の耐熱を有する材質よりなる導電性基板と、微細パターンを有する層との積層体を形成する工程と、250℃以上の耐熱を有する材質よりなる素材を加熱した状態で、素材の表面に積層体の微細パターンを押し当てることにより、素材の表面を微細パターンに嵌るように変形させる工程と、微細パターンを有する層の表面が露出するまで素材を除去することにより、微細パターン内のみ素材を残存させてパターン層とする工程と、微細パターンを有する層を除去する工程とを備えたものである。

【0030】

本発明の微細パターンを有するメッキ用型の他の製造方法によれば、導電性基板と素材とが共に250℃以上の耐熱を有する材質よりなっているため、これにより製造されるメッキ用型を溶融塩電鍍に用いることができる。よって、このメッキ用型を用いて、タングステンやチタンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる微細金属構造体を製

造することが可能となる。

【0031】

また、素材を加熱した状態で、素材の表面に積層体の微細パターンを押し当てることにより、素材を微細パターンに嵌るように変形させるため、この素材にたとえばガラスなどの材質を用いることが可能となる。

【0032】

本発明の微細パターンを有するメッキ用型のさらに他の製造方法は、 μm オーダー以下の寸法の微細パターンを有するメッキ用型の製造方法であって、微細パターンを有する型を形成する工程と、250℃以上の耐熱を有する材質よりなる素材を加熱した状態で、素材の表面に型の微細パターンを押し当てることにより、素材の表面を微細パターンに嵌るよう

10

に備えたものである。

【0033】

本発明の微細パターンを有するメッキ用型のさらに他の製造方法によれば、素材が250℃以上の耐熱を有する材質よりなっているため、これにより製造されるメッキ用型を熔融塩電鍍に用いることができる。よって、このメッキ用型を用いて、タングステンやチタンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる微細金属構造体を製造することが可能となる。

【0034】

また、素材を加熱した状態で、素材の表面に型の微細パターンを押し当てることにより、素材を微細パターンに嵌るように変形させるため、この素材にたとえばガラスなどの材質を用いることが可能となる。

20

【0035】

本発明の微細金属構造体の製造方法は、上記のいずれかの方法により形成されたメッキ用型を用いて熔融塩電鍍を行うことにより、メッキ用型の微細パターンに嵌り合うようなパターンを有する微細金属構造体を形成する工程と、微細金属構造体からメッキ用型を除去する工程とを備えたものである。

【0036】

本発明の微細金属構造体の製造方法によれば、メッキ用型は、250℃以上の耐熱を有する材質よりなっており、250℃以上の高温でも軟化・変形を起し難い。このため、このメッキ用型を用いれば、高温の熔融塩電鍍を行うことが可能となる。よって、熔融塩電鍍により、タングステンやチタンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる微細金属構造体を製造することが可能となる。

30

【0037】

上記の微細金属構造体の製造方法において好ましくは、微細金属構造体の表面を窒化させる工程がさらに備えられている。

【0038】

これにより、窒化層が形成されるため、この微細金属構造体をガラスを加工するための微細加工用型として用いた場合に、加工後のガラスの離型性を良好とすることができる。

【0039】

40

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図に基づいて説明する。

【0040】

(実施の形態1)

図1～図8は、本発明の実施の形態1における微細金属構造体の製造方法を工程順に示す概略断面図である。図1を参照して、たとえばステンレス、銅、鉄、ニッケルなどよりなる金属板（導電性基板）1上に、シリコン基板2とシリコン窒化膜よりなるマスク層3とからなるパターン層が接合されて積層体が形成される。

【0041】

図2を参照して、マスク層3上にレジスト4が塗布された後、レチクル（フォトマスク）

50

20のパターンがUV (ultraviolet) 光またはX線によりレジスト4に照射される。この後、レジスト4が現像される。なお、レジスト20は、UV光またはX線に対して透明な材質よりなる基板21と、その基板21上に形成された遮光膜よりなるパターン22とを有している。

【0042】

図3を参照して、レジスト4の現像により、レジスト4がポジ型の場合には、UV光またはX線の照射された部分のみが除去されて、その部分のマスク層3の表面が露出する。このパターンニングされたレジスト4をマスクとしてマスク層3にエッチングが施される。この後、レジスト4は、たとえばアッシングなどにより除去される。

【0043】

図4を参照して、上記のマスク層3のエッチングにより、マスク層3はパターンニングされる。

【0044】

図5を参照して、パターンニングされたマスク層3をマスクとしてシリコン基板2にエッチングを施すことにより、シリコン基板2がパターンニングされる。これにより、金属板1とシリコン基板2との接合面に達する微細な開口部2aがシリコン基板2に形成され、開口部2aの底部において金属板1の表面が露出する。これにより、金属板1とシリコン基板2とマスク層3とからなるメッキ用型110が形成される。このメッキ用型110においては、金属板1とシリコン基板2とマスク層3との全てが250℃以上（好ましくは350℃以上）の耐熱を有している。

【0045】

図6を参照して、このメッキ用型110を用いて溶融塩電鍍が行なわれる。これにより、開口部2aから露出する金属板1の表面に、たとえばタングステンよりなる金属層10が堆積されて、その金属層よりなる微細金属構造体10が開口部2a内に（開口部2aに嵌るように）形成される。この後、シリコン基板2とマスク層3とが除去される。

【0046】

図7を参照して、さらに、金属板1から微細金属構造体10が剥離されることにより、図8に示すような微細金属構造体10が製造される。

【0047】

図1における金属板1とシリコン基板2との接合には、たとえば以下の2つの方法が採用される。

【0048】

第1の方法は、鏡面にしたシリコン基板2および金属板1（ここではステンレス）の表面にアルゴン（Ar）などのイオンを照射して表面の不純物を除去し、真空中でシリコン基板2および金属板1を加圧して直接接合する方法である。また第2の方法は、シリコン基板2および金属板1のいずれかの表面にスパッタにより銅層を1μm程度の厚さで堆積し、その銅層を介してシリコン基板2および金属板1を互いに加圧するとともに加熱することで銅の拡散現象を利用して接合する方法である。

【0049】

マスク層3としては、たとえばシリコン窒化膜やシリコン酸化膜を用いることができる。また、リソグラフィーのレジスト4には、UVリソグラフィーの場合にはたとえばUVレジストが用いられ、X線リソグラフィーの場合にはたとえばPMAが用いられる。

【0050】

図4、図5のシリコン基板2のパターンニングでは、たとえば反応性イオンによるドライエッチングが用いられる。このドライエッチングは、一般にトレンチエッチングと呼ばれ、たとえばSTS社製のMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 用ICP (Inductively Coupled Plasma) エッチング装置が用いられる。

【0051】

図5、図6のタングステンの溶融塩電鍍は、たとえば図9に示す装置を用いて行なわれる

。図9を参照して、この電鍍装置は、プラス極31と、マイナス極32と、標準電極33と、熱電対34と、攪拌棒35と、ガス導入部36と、容器37aと、蓋体37bと、溶融塩38と、溶解性陽極39とを主に有している。溶融塩38および溶解性陽極39は、電気炉と保温材とを有する容器37a（たとえばアルミナよりなる）内に入れられており、この容器37a内は蓋体37bにより密閉されている。プラス極31（たとえば白金またはカーボン電極よりなる）は溶解性陽極39に差し込まれており、またマイナス極32（たとえば銅よりなる）は溶融塩38内に差し込まれており、その先端に溶融塩電鍍を施すための基材40が電気的に接続されている。標準電極33および熱電対34の各々は電位および温度のそれぞれをモニターするためのものであり、攪拌棒35は溶融塩38を攪拌するためのものである。またガス導入部36は、容器37a内にたとえばアルゴンガス

10

【0052】

この装置を用いたタングステンの溶融塩電鍍では、たとえばLiCl（塩化リチウム）—KCl（塩化カリウム）共晶溶融塩系電鍍が用いられる。具体的には、LiClを45質量%、KClを55質量%の比率で混合した融点が352℃の共融混合物（溶融塩）に対し、WCl₆（塩化タングステン）を0.1～10質量%（たとえば1質量%）で添加されたものが用いられる。そして、マイナス極32に、図5の状態の基板が基材40としてセットされる。そして、容器37a内を真空に引き、200℃まで加熱し、容器37a内をアルゴンで置換して温度を300℃まで上げて電鍍が行なわれる。このときの電流密度は0.1～10A/dm²（10～1000A/m²）の範囲内で、好ましくは1.0A

20

【0053】

電鍍が終了した後、基材40が取り出され、KOH（水酸化カリウム）によるシリコンエッチング、または急速冷却によるシリコン破壊、またはシリコンのドライエッチングなどでシリコン基板2が除去され、タングステン微細金属構造体10が金属板1から剥離して取り出される。

【0054】

なお、電鍍の前に水分を十分に除去しておく必要がある。なぜなら、塩は非常に吸湿しやすく、メッキ中（高温）に水分が残留すると、陰極効率が低下して、その際に発生する水素ガスと金属水酸化物のために皮膜が粒子状になるとともに、残留する水の気化により水蒸気爆発の可能性もあるからである。

30

【0055】

上記の実施の形態におけるプロセスは1例であって、本発明はこのプロセスに限定されるものではない。また、溶融塩電鍍で電鍍される金属としてタングステンについて説明したが、本発明で電鍍される金属はこれに限定されるものではなくチタンなどの他の材料であってもよい。

【0056】

また、上記においては金属層1とシリコン層2とが接合される場合について説明したが、図10に示すようにシリコン層2上に銅などのシード層1aをスパッタリングした後に、そのシード層（導電膜）1aに給電して（つまりシード層1aを通電層として）銅を厚さ2mmまでメッキ（電鍍）により成長させて、図11に示すような銅よりなる金属層1が形成されてもよい。なお、この後は上記と同様の図1～図8の工程が施されて、微細金属構造体10が製造される。

40

【0057】

（実施の形態2）

図12～図15は、本発明の実施の形態2におけるメッキ用型の製造方法を工程順に示す概略断面図である。図12を参照して、250℃以上の耐熱を有する材質よりなるパターン層102が準備される。このパターン層102は、たとえば1μm以上100μm以下の厚みを有するシリコン（Si）ウエハである。このシリコンは、350℃以上でも軟化・変形を起こし難く、かつ溶融塩とも反応しない材質である。パターン層102の厚みが

50

1 μm 未満では、絶縁マスクとして必要な絶縁性が得られず、マスク上にメッキ層が成長する可能性がある。また、パターン層102の厚みが100 μm を超えると、後工程のトレンチエッチングの加工限界により必要な精度を得ることが困難となる。

【0058】

図13を参照して、パターン層102の表面上に、スパッタ法によりニッケル(Ni)層101aが、たとえば0.01 μm 以上1 μm 以下の厚みで形成される。このニッケル層101aは、より好ましくは0.05 μm 以上0.2 μm 以下の厚みで形成される。ニッケル層101aの厚みが0.01 μm 未満では、次工程のメッキに必要な導電性を得ることができない。また、ニッケル層101aの厚みが1 μm を超えると、スパッタにより形成されるニッケル層101aの残留応力によりニッケル層101aがパターン層102から剥離する可能性が高い。 10

【0059】

図14を参照して、上記ニッケル層101aをシード層として電気メッキを行うことにより、パターン層102上に導電性基板としてニッケル層101が形成される。これにより、パターン層102と導電性基板101とを積層した積層体が得られる。

【0060】

導電性基板101は、たとえば0.1 μm 以上1mm以下の厚みで形成され、より好ましくは0.2 μm 以上0.4mm以下の厚みで形成される。導電性基板101の厚みが0.1 μm 未満では、取り扱い時にメッキ用型に曲がりなどの損傷が生じる可能性が大きくなる。また、導電性基板101の厚みが1mmを超えると、メッキにより形成された導電性 20
基板101の内部応力により変形が大きくなる。

【0061】

図15を参照して、実施の形態1と同様に、パターン層102にトレンチエッチングが行なわれる。このトレンチエッチングにより、パターン層102には、パターン層102と導電性基板101との接触面に達する開口部(凹部)102aが形成される。これにより、たとえば凸部と凹部とが交互に配置されたライン・アンド・スペースの微細パターンがパターン層102に形成される。このライン・アンド・スペースの微細パターンにおける凸部の線幅 W_L と凹部の線幅 W_S との双方はたとえば2 μm 以上の寸法であり、凹部102aのアスペクト比(深さD/幅 W_S)はたとえば5以下である。

【0062】

凸部の線幅 W_L 、凹部の線幅 W_S が2 μm 未満では、トレンチエッチングの加工限界により必要な精度を得ることができない。また、凹部102aのアスペクト比が5を超えても、トレンチエッチングの加工限界により必要な精度を得ることができない。 30

【0063】

上記の方法により形成される本実施の形態のメッキ用型は、図15に示すように、たとえばシリコンウエハよりなるパターン層102とたとえばニッケル層よりなる導電性基板101との積層構造よりなっている。パターン層102には、 μm オーダー以下の寸法の微細パターンが形成されている。導電性基板101とパターン層102との双方は、250℃以上の耐熱を有する材質よりなっており、350℃以上の耐熱を有する材質よりなっていることが好ましい。 40

【0064】

なお、上記においては、パターン層102がシリコンウエハよりなる場合について説明したが、パターン層102にはアルミナ(Al_2O_3)板、ジルコニア(ZrO_2)板などが用いられても良い。これらのアルミナ板またはジルコニア板も250℃以上の耐熱を有し、また350℃以上でも軟化・変形を起こし難い材質である。これらのアルミナ板またはジルコニア板をパターン層102として用いた場合も、上記と同じ条件でメッキ用型を形成することが好ましい。

【0065】

また、上記においては、導電性基板101がニッケル層よりなる場合について説明したが、導電性基板101もニッケル層に限定されず、250℃以上の耐熱を有し、かつ導電性 50

を有する材質であれば良い。

【0066】

本実施の形態によれば、メッキ用型110は250℃以上の耐熱を有する材質よりなっているため、高温となる熔融塩電鍍においても軟化・変形を起こすことは防止される。このため、このメッキ用型110を用いることにより、タングステンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる機械構造体を、水（水溶液）を使わない熔融塩電鍍により製造することが可能となる。

【0067】

（実施の形態3）

図16～図21は、本発明の実施の形態3におけるメッキ用型の製造方法を工程順に示す概略断面図である。図16を参照して、250℃以上の耐熱を有する材質よりなる導電性基板101が準備される。この導電性基板101は、たとえば1mm以上の厚みを有するステンレス鋼（SUS）である。この導電性基板101は後工程で硝酸に曝されるため、硝酸に侵されない材質であることが必要である。導電性基板101の厚みが0.1mm未満では、取り扱い時にメッキ用型に曲がりなどの損傷が生じることが懸念される。

【0068】

この導電性基板101上にレジスト103が、たとえば1μm以上100μm以下の厚みで塗布される。レジスト103の厚みが1μm未満では、絶縁マスクとして必要な絶縁性が得られず、マスク上にメッキ層が成長する可能性がある。また、レジスト103の厚みが100μmを超えると、次工程のSRリソグラフィにおいて必要な解像を得ることができない。

【0069】

上記のレジスト103は、SRリソグラフィによりパターンニングされ、それによりレジスト103には、レジスト103と導電性基板101との接触面に達する開口部（凹部）103aが形成される。

【0070】

次に、開口部103aを埋め込むと共にレジスト103の上面を覆うように、ニッケル層104が電鍍により形成される。このとき、ニッケル層104のレジスト103上面上の厚みTはたとえば5μm以上30μm以下とされる。この厚みTが5μm未満では、メッキにより形成されたニッケル層104の膜厚分布により、ニッケル層104が開口部103a内をレジスト103の上面まで埋め込めない可能性がある。また、この厚みTが30μmを超えると、次工程におけるニッケル層の研磨にかかる時間が長くなる。

【0071】

図17を参照して、レジスト103の上面が露出するまで、ニッケル層104が研磨除去される。これにより、レジスト103の開口部103a内のみ、ニッケル層104が残存される。

【0072】

図18を参照して、上記のレジスト103が、たとえばフッ素ガスによりアッシングで除去される。これにより、微細パターンを有するニッケル層104と導電性基板101との積層構造よりなる積層体105が形成される。

【0073】

図19を参照して、250℃以上の耐熱を有する材質よりなる素材102が準備される。この素材102は、たとえば350℃以上の耐熱を有し、かつ $10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 以上 $20 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 以下の線膨張係数を有するフリットガラスである。

【0074】

素材102の耐熱が250℃未満では、高温になる熔融塩中において素材102が変形する。また、素材102の耐熱を350℃以上にすれば、さらに高温の熔融塩中においても素材102の変形を防止することができる。

【0075】

素材102の線膨張係数が $10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 未満では、素材102の線膨張係数に対す

る導電性基板101を構成するステンレス鋼の線膨張係数が大きくなるため、素材102にクラックが生じる。また、素材102の線膨張係数が $20 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ を超えると、導電性基板101を構成するステンレス鋼の線膨張係数に対する素材102の線膨張係数が大きくなるため、素材102が導電性基板101から剥離する。

【0076】

この素材102を加熱した状態で、素材102の表面に積層体105の微細パターンが押し当てられる。加熱により素材102の表面は流動し易い状態となっているため、素材102の表面に積層体105の微細パターンを押し当てることにより、素材102の表面はその微細パターンに沿って変形する。これによって、素材102の表面は微細パターンに嵌るように変形する。

10

【0077】

図20を参照して、ニッケル層104の上面が露出するまで素材102が研磨除去される。これにより、素材102は、ニッケル層104の開口部104a内にのみ残存されてパターン層102となる。

【0078】

図21を参照して、上記のニッケル層104が硝酸により溶解除去され、これにより本実施の形態のメッキ用型110が製造される。

【0079】

上記の方法により形成される本実施の形態のメッキ用型110は、図21に示すように、導電性基板101とパターン層102との積層構造よりなっている。パターン層102には、 μm オーダー以下の寸法の微細パターンが形成されている。導電性基板101とパターン層102との双方は、 250°C 以上の耐熱を有する材質よりなっており、 350°C 以上の耐熱を有する材質よりなっていることが好ましい。

20

【0080】

本実施の形態によれば、メッキ用型110は 250°C 以上の耐熱を有する材質よりなっているため、高温となる溶融塩電鍍においても軟化・変形を起こすことは防止される。このため、このメッキ用型110を用いることにより、タングステンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる機械構造体を、水（水溶液）を使わない溶融塩電鍍により製造することが可能となる。

【0081】

30

（実施の形態4）

図22～図27は、本発明の実施の形態4におけるメッキ用型の製造方法を工程順に示す概略断面図である。図22を参照して、金属板106が準備される。この金属板106上にレジスト107が、たとえば $1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下の厚みで塗布される。レジスト107の厚みが $1\mu\text{m}$ 未満では、絶縁マスクとして必要な絶縁性が得られず、マスク上にメッキ層が成長する可能性がある。また、レジスト107の厚みが $100\mu\text{m}$ を超えると、次工程のSRリソグラフィにおいて必要な解像を得ることができない。

【0082】

上記のレジスト107は、SRリソグラフィによりパターニングされ、それによりレジスト107には、レジスト107と金属板106との接触面に達する開口部（凹部）107aが形成される。

40

【0083】

図23を参照して、開口部107aを埋め込むと共にレジスト107の上面を覆うように、ニッケル層108が電鍍により形成される。この後、レジスト107がたとえばフッ素ガスによりアッシングで除去され、さらに金属板106がニッケル層108から取外される。

【0084】

図24を参照して、これにより、ニッケル層よりなり、かつ表面に微細パターン（凸部108aおよび凹部）を有する型108が形成される。

【0085】

50

図25を参照して、250℃以上の耐熱を有する材質よりなる素材110Aが準備される。この素材110Aは、たとえば350℃以上の耐熱を有するフリットガラスである。

【0086】

素材110Aの耐熱が250℃未満では、高温になる溶融塩中において素材110Aが変形する。また、素材110Aの耐熱を350℃以上にすれば、さらに高温の溶融塩中においても素材110Aの変形を防止することができる。

【0087】

この素材110Aを加熱した状態で、素材110Aの表面に型108の微細パターンが押し当てられる。加熱により素材110Aの表面は流動し易い状態となっているため、素材110Aの表面に型108の微細パターンを押し当てることにより、素材110Aの表面はその微細パターンに沿って変形する。これによって、素材110Aの表面は微細パターンに嵌るように変形する。この後、ニッケル層よりなる型108が溶解により除去される。

【0088】

図26を参照して、型108の除去により、素材110Aの表面の微細パターン（ μm オーダー）が露出する。

【0089】

図27を参照して、素材110Aの露出した微細パターン上に、スパッタ法などにより、250℃以上の耐熱を有する導電性膜110Bが形成され、素材110Aの微細パターン表面が導電化される。これにより、素材110Aと導電性膜110Bとからなる本実施の形態のメッキ用型110が製造される。

【0090】

本実施の形態によれば、メッキ用型110は250℃以上の耐熱を有する材質よりなるため、高温となる溶融塩電鍍においても軟化・変形を起こすことは防止される。このため、このメッキ用型110を用いることにより、タングステンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる機械構造体を、水（水溶液）を使わない溶融塩電鍍により製造することが可能となる。

【0091】

（実施の形態5）

図28～図30は、本発明の実施の形態5における微細金属構造体（たとえば微細加工用型）の製造方法を工程順に示す概略断面図である。図28を参照して、250℃以上の耐熱を有するメッキ用型110が準備される。このメッキ用型110には、たとえば実施の形態1～4のいずれかのメッキ用型110が用いられる。

このメッキ用型110を用いてクロム（Cr）の溶融塩電鍍が行なわれる。この溶融塩電鍍に用いられる溶融塩には、たとえばLiClを45質量%、KClを55質量%の比率で混合した融点が352℃のLiCl-KCl共融混合物（溶融塩）に対し、CrCl₂（塩化クロム）を1質量%で添加されたものが用いられる。

【0092】

上記の溶融塩電鍍は、たとえばメッキ用型の耐熱温度よりも低い温度で、アルゴン（Ar）雰囲気下にて、電流密度を10A/m²以上1000A/m²以下（より好ましくは100A/m²）として、クロムのメッキ厚が1mm以上10mm以下となるような条件下で行なわれる。なお、電鍍温度は500℃以下であることが好ましい。

【0093】

電鍍温度が500℃を超えると、熱膨張によりメッキ用型が変形し、必要な精度を保つことができない。また、アルゴン雰囲気としたのは、浴に水が混入すると、電流効率の低下および水蒸気爆発の危険性があるからである。また、電流密度を10A/m²未満とすると電鍍に要する時間が長くなり、1000A/m²を超えるとデンドライト状の析出物などが生じて清浄なメッキ皮膜が得られない。また、クロムのメッキ厚が1mm未満では後工程の鍛造加工に必要な機械強度を得ることができず、10mmを超えると電鍍に要する時間が長くなる。

【0094】

上記の熔融塩電鍍により、パターン層102の開口部102aを埋込み、かつパターン層102の上面を覆うようにクロム層120が形成される。なお、パターン層102の開口部102aを埋込む部分120aが、クロム層120の凸部となる。

【0095】

図29を参照して、たとえばシリコンよりなるパターン層102が、水酸化カリウム(KOH)によって溶解除去される。この後、クロム層120を導電性基板101から取り外すことにより、図30に示すように、たとえばクロム層よりなる微細金属構造体120が製造される。

【0096】

上記の方法により形成される本実施の形態の微細金属構造体120は、図30に示すように、 μm オーダー以下の寸法の微細パターン(凸部120aと凹部)を有している。また、微細金属構造体120はクロムのような良好な機械強度を有する材質よりなっている。

【0097】

この微細金属構造体120は、機械強度の良好なクロムにより形成されている。このため、微細金属構造体120の少なくとも表面のビッカース硬さHVは1000であり、引張り耐力は611MPaであり、ヤング率は 2.5×10^{11} Paであり、線膨張係数は $6.2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ である。

【0098】

本実施の形態によれば、上述したように、微細金属構造体120の少なくとも表面が500以上のビッカース硬さHVを有しているため、この微細金属構造体120を高い硬度の要求される用途に使用することができる。

【0099】

また、微細金属構造体120は、引張り耐力が500MPa以上、ヤング率が 2.5×10^{11} Pa以上、線膨張係数が 6.2×10^{-6} 以下の良好な機械強度を有しているため、このような機械強度が要求される用途に好適である。

【0100】

(実施の形態6)

実施の形態5においては、クロムの熔融塩電鍍により形成された微細金属構造体120について説明したが、微細金属構造体120は、タングステン(W)の熔融塩電鍍で形成されても良い。この場合には、この熔融塩電鍍に用いられる熔融塩には、たとえばLiClを45質量%、KClを55質量%の比率で混合した融点が352℃のLiCl-KCl共融混合物(熔融塩)に対し、 WC_2 を1質量%で添加されたものが用いられる。

【0101】

本実施の形態における上記以外の熔融塩電鍍の条件および微細金属構造体120の製造方法は、実施の形態5の熔融塩電鍍の条件および製造方法とほぼ同じであるため、その説明は省略する。

【0102】

本実施の形態の方法で形成された微細金属構造体120の少なくとも表面のビッカース硬さHVは1000であり、引張り耐力は980MPaであり、ヤング率は 4.0×10^{11} Paであり、線膨張係数は $4.4 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ である。

【0103】

本実施の形態によれば、実施の形態4と同様の効果が得られる。

(実施の形態7)

実施の形態5においては、クロムの熔融塩電鍍により形成された微細金属構造体120について説明したが、図29、30の工程で微細金属構造体120を導電性基板101から取り外した後に、図31に示すように微細金属構造体120の少なくとも微細パターンが形成された表面が窒化されても良い。この窒化は、たとえばイオン窒化により行なわれる。これにより、微細金属構造体120の窒化された部分には、たとえば $1\mu\text{m}$ の厚みの窒化クロム(CrN)層111が形成される。

10

20

30

40

50

【0104】

本実施の形態における上記以外の微細金属構造体120の製造方法は、実施の形態5の製造方法とほぼ同じであるため、その説明は省略する。

【0105】

本実施の形態の方法で形成された微細金属構造体120の窒化クロム層111が形成された表面のビッカース硬さHVは2000であり、引張り耐力は611MPaであり、ヤング率は 2.5×10^{11} Paであり、線膨張係数は 4.4×10^{-6} /℃である。

【0106】

本実施の形態によれば、窒化クロム層111が微細パターン部に形成されているため、この微細金属構造体120をガラスを加工するための微細加工用型として用いた場合に、加工後のガラスの離型性を良好とすることができる。 10

【0107】

また本実施の形態によれば、実施の形態5と同様の効果が得られる。
上記の実施の形態5～7の各微細金属構造体120は、たとえば加工用素材（たとえば金属、ガラスなど）を μ mオーダーのパターンを有する加工品に加工するための微細加工用型として用いられる。この場合、実施の形態5～7の各微細金属構造体120は、上述の良好な機械強度を有しているため、加工用素材を寸法精度良く加工することが可能となる。特に加工品が金属または合金よりなっている場合には、加工硬化により、メッキ品よりも強度の高い加工品を得ることができる。

【0108】

なお、本明細書における「微細金属構造体」および「微細加工用型」の各々は、全体の寸法が数mm程度で、かつ μ mオーダー以下の寸法のパターンを有する金属構造体および加工用型の各々を意味する。また、本明細書における「 μ mオーダー」とは、1 μ m以上1mm未満を意味している。また、本明細書における「加工面」とは、加工時に微細加工用型が加工用素材に接する面を意味する。 20

【0109】

また、本明細書における「250℃以上の耐熱を有する材質」とは、図32を参照して、パターン102を250℃以上に加熱した場合に、一点鎖線で示す加熱前のパターン102の寸法（L1、H1）に対する実線で示す加熱後のパターン102の寸法（L2、H2）の変動が±2%以内に収まる材質を意味する。つまり、本明細書における「250℃以上の耐熱を有する材質」とは、 $0.98 \times L1 \leq L2 \leq 1.02 \times L1$ および $0.98 \times H1 \leq H2 \leq 1.02 \times H1$ を満たす材質を意味する。 30

【0110】

また、「350℃以上の耐熱を有する材質」も、上記と同様、350℃以上に加熱した場合に、加熱前のパターンの寸法に対する加熱後のパターンの寸法の変動が±2%以内に収まる材質を意味する。

【0111】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。 40

【0112】

【発明の効果】

以上説明したように本発明の微細パターンを有するメッキ用型は、250℃以上の耐熱を有する材質よりなっているため、高温となる溶融塩電鍍においても軟化・変形を起こすことは防止される。このため、このメッキ用型を用いれば、タングステンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる機械構造体を、水（水溶液）を使わない溶融塩電鍍により高精度に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1における微細金属部品の製造方法の第1工程を示す概略断 50

面図である。

【図 2】本発明の実施の形態 1 における微細金属部品の製造方法の第 2 工程を示す概略断面図である。

【図 3】本発明の実施の形態 1 における微細金属部品の製造方法の第 3 工程を示す概略断面図である。

【図 4】本発明の実施の形態 1 における微細金属部品の製造方法の第 4 工程を示す概略断面図である。

【図 5】本発明の実施の形態 1 における微細金属部品の製造方法の第 5 工程を示す概略断面図である。

【図 6】本発明の実施の形態 1 における微細金属部品の製造方法の第 6 工程を示す概略断面図である。 10

【図 7】本発明の実施の形態 1 における微細金属部品の製造方法の第 7 工程を示す概略断面図である。

【図 8】本発明の実施の形態 1 における微細金属部品の製造方法の第 8 工程を示す概略断面図である。

【図 9】溶融塩電鍍を行なう装置の構成を模式的に示す図である。

【図 10】シリコン層上のシード層を通電層として電鍍により金属層を形成する第 1 工程を示す概略断面図である。

【図 11】シリコン層上のシード層を通電層として電鍍により金属層を形成する第 2 工程を示す概略断面図である。 20

【図 12】本発明の実施の形態 2 におけるメッキ用型の製造方法の第 1 工程を示す概略断面図である。

【図 13】本発明の実施の形態 2 におけるメッキ用型の製造方法の第 2 工程を示す概略断面図である。

【図 14】本発明の実施の形態 2 におけるメッキ用型の製造方法の第 3 工程を示す概略断面図である。

【図 15】本発明の実施の形態 2 におけるメッキ用型の製造方法の第 4 工程を示す概略断面図である。

【図 16】本発明の実施の形態 3 におけるメッキ用型の製造方法の第 1 工程を示す概略断面図である。 30

【図 17】本発明の実施の形態 3 におけるメッキ用型の製造方法の第 2 工程を示す概略断面図である。

【図 18】本発明の実施の形態 3 におけるメッキ用型の製造方法の第 3 工程を示す概略断面図である。

【図 19】本発明の実施の形態 3 におけるメッキ用型の製造方法の第 4 工程を示す概略断面図である。

【図 20】本発明の実施の形態 3 におけるメッキ用型の製造方法の第 5 工程を示す概略断面図である。

【図 21】本発明の実施の形態 3 におけるメッキ用型の製造方法の第 6 工程を示す概略断面図である。 40

【図 22】本発明の実施の形態 4 におけるメッキ用型の製造方法の第 1 工程を示す概略断面図である。

【図 23】本発明の実施の形態 4 におけるメッキ用型の製造方法の第 2 工程を示す概略断面図である。

【図 24】本発明の実施の形態 4 におけるメッキ用型の製造方法の第 3 工程を示す概略断面図である。

【図 25】本発明の実施の形態 4 におけるメッキ用型の製造方法の第 4 工程を示す概略断面図である。

【図 26】本発明の実施の形態 4 におけるメッキ用型の製造方法の第 5 工程を示す概略断面図である。 50

【図 27】本発明の実施の形態 4 におけるメッキ用型の製造方法の第 6 工程を示す概略断面図である。

【図 28】本発明の実施の形態 5 における微細金属構造体の製造方法の第 1 工程を示す概略断面図である。

【図 29】本発明の実施の形態 5 における微細金属構造体の製造方法の第 2 工程を示す概略断面図である。

【図 30】本発明の実施の形態 5 における微細金属構造体の製造方法の第 3 工程を示す概略断面図である。

【図 31】本発明の実施の形態 7 における微細金属構造体の製造方法を示す概略断面図である。

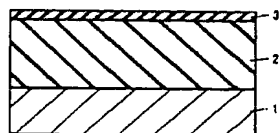
10

【図 32】250℃以上の耐熱を有する材質を説明するための図である。

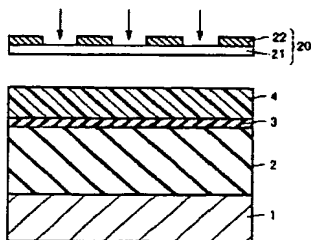
【符号の説明】

1 金属板、1a シード層、2 シリコン基板、2a 開口部、3 マスク層、4 レジスト、10 微細金属部品、20 レチクル、21 基板、22 パターン、31 プラス極、32 マイナス極、33 標準電極、34 熱電対、35 攪拌棒、36 ガス導入部、37a 容器、37b 蓋体、38 溶融塩、39 溶解性陽極、40 基材、101 導電性基板、101a ニッケル層、102, 110A 素材（パターン層）、102a, 103a, 104a, 107a 開口部、103, 107 レジスト、104 ニッケル層、105 積層体、106 金属板、108 ニッケル層（型）、110 メッキ用型、110B 導電性膜、111 窒化クロム層、120 微細金属構造体、120a 凸部。

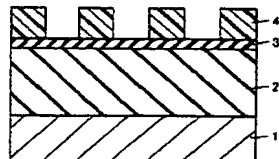
【図 1】



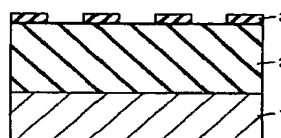
【図 2】



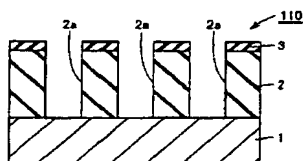
【図 3】



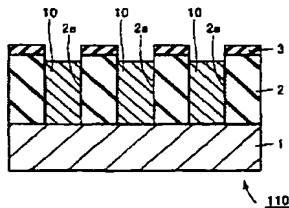
【図 4】



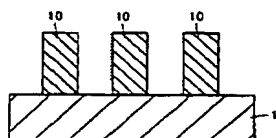
【図 5】



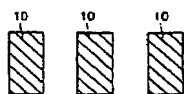
【図 6】



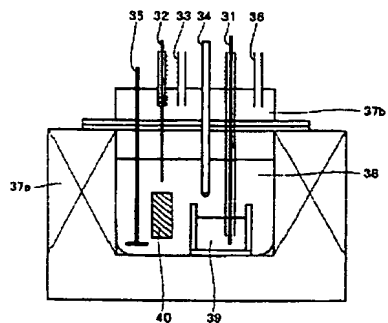
【図 7】



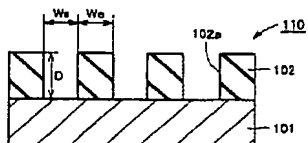
【図 8】



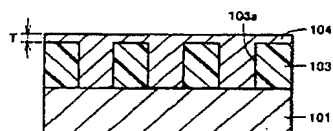
【図 9】



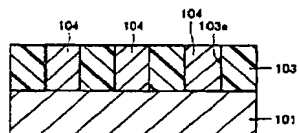
【図 15】



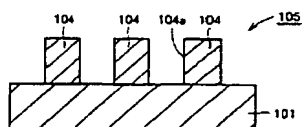
【図 16】



【図 17】



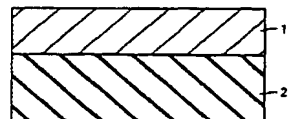
【図 18】



【図 10】



【図 11】



【図 12】



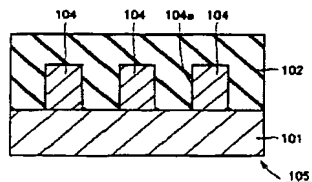
【図 13】



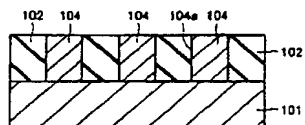
【図 14】



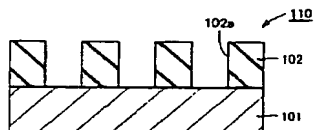
【図 19】



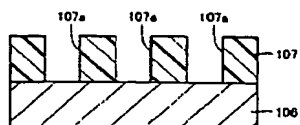
【図 20】



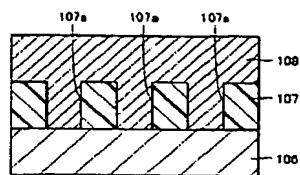
【図 21】



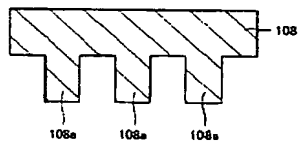
【図 2 2】



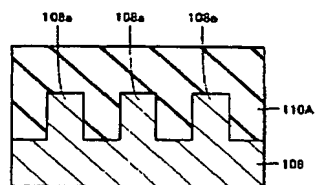
【図 2 3】



【図 2 4】



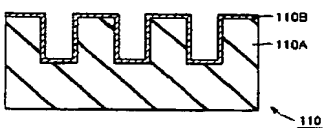
【図 2 5】



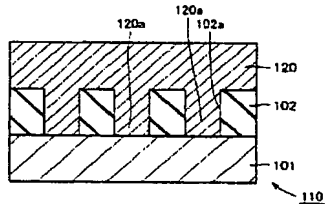
【図 2 6】



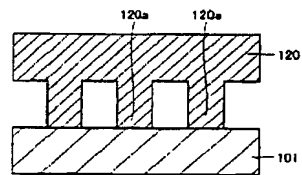
【図 2 7】



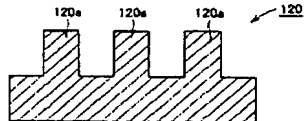
【図 2 8】



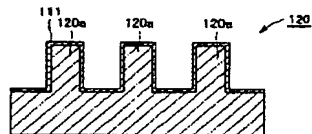
【図 2 9】



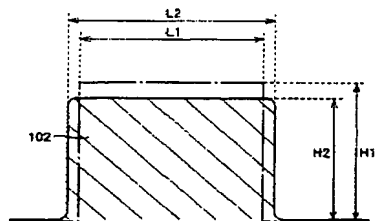
【図 3 0】



【図 3 1】



【図 3 2】



フロントページの続き

(72)発明者 新田 耕司

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内

(72)発明者 稲澤 信二

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内

(72)発明者 羽賀 剛

兵庫県赤穂郡上郡町光都3丁目12番1号 住友電気工業株式会社播磨研究所内

(72)発明者 伊藤 靖彦

京都府京都市山科区安朱中溝町27-6

(72)発明者 野平 俊之

京都府京都市左京区吉田本町 京都大学内

(72)発明者 錦織 徳二郎

京都府京都市左京区吉田本町 京都大学内

Fターム(参考) 4M104 B805 B813 B818 D052